

TERMOMECHANICKÉ VLASTNOSTÍ OCELÍ PŘI ZVÝŠENÉ RYCHLOSTI ZATĚŽOVÁNÍ

THERMO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF STEEL UNDER AN INCREASED RATE OF LOADING

P. KOZELSKÝ¹, M. CAGALA², J. MELECKÝ³

ABSTRAKT: Navození podmínek zatěžování materiálu při tváření za tepla vedlo k provedení tahových zkoušek se zvýšenou rychlostí posunu příčnicku. Rozsah zkušebních teplot 600 – 1200°C zahrnuje oblast vyznačující se výrazným snížením plastických vlastností, což se nepříznivě projevuje na podmínkách tváření. Za rozdílných podmínek zatěžování vyplývajících z použité rychlosti posunu příčnicku 6, 60, 300 mm/min, byly studovány termomechanické vlastnosti ocelí pro výrobu bezešvých trub středněuhlíkových mikrolegovaných Cr, Mo, Ti a nízkouhlíkových mikrolegovaných Nb. Výsledky ukazují, že rychlost zatěžování může ovlivnit plastické vlastnosti pouze u středněuhlíkové mikrolegované Cr, Mo modifikované Ti.

SUMMARY: Inducing of material loading conditions during hot-working led to carrying out of a tensile test under an increased rate of cross-piece shift. The range of the test temperature 600-1200⁰ covers an area characterised by significant decrease of plastic characteristics, which has a negative impact on forming conditions. Under different loading conditions resulting from the used cross-piece shift rate 6, 60, 300mm/min the thermomechanical characteristics of steel for producing of seamless tubes from medium carbon microalloyed steels with Cr, Mo, and Ti and low carbon steels microalloyed with Nb were studied. The results show that the loading rate can influence plastic characteristics only in case of medium carbon steels microalloyed with Cr, Mo and modified by Ti.

KLÍČOVÁ SLOVA: Pevnost a plasticita ocelí za tepla, výroba bezešvých trub, zvýšená rychlost zatěžování.

KEY WORDS: Solidity and plasticity of steel for producing of seamless tubes, increased loading rate.

V rámci studia mechanických vlastností ocelí pro výrobu bezešvých trub jsme v rozsahu tvářecích teplot provedli tahové zkoušky se zvýšenou rychlostí zatěžování. Rychlost zatěžování byla řízena rychlostí posunu příčnicku, která byla volena v hodnotách 6, 60, 300 mm/min. Rychlost 6 mm/min odpovídá běžné tahové zkoušce, rychlosti 60 a 300 mm/min více odpovídají podmínkám v průběhu tváření za tepla. Rozsah zkušebních teplot byl zvolen 600 – 1200°C. Hlavním zřetelem byl vliv rychlosti zatěžování na pevnost a především plastické vlastnosti studovaných ocelí. V oblasti teplot pod 900°C, v oblasti semiplastických deformací, v oblasti teplot fázové transformace $\gamma \rightarrow \alpha$,

¹ Ing. Petr Kozelský CSc. – Katedra slévarenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava, ČR

² Ing. Michal Cagala – Katedra slévarenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava, ČR

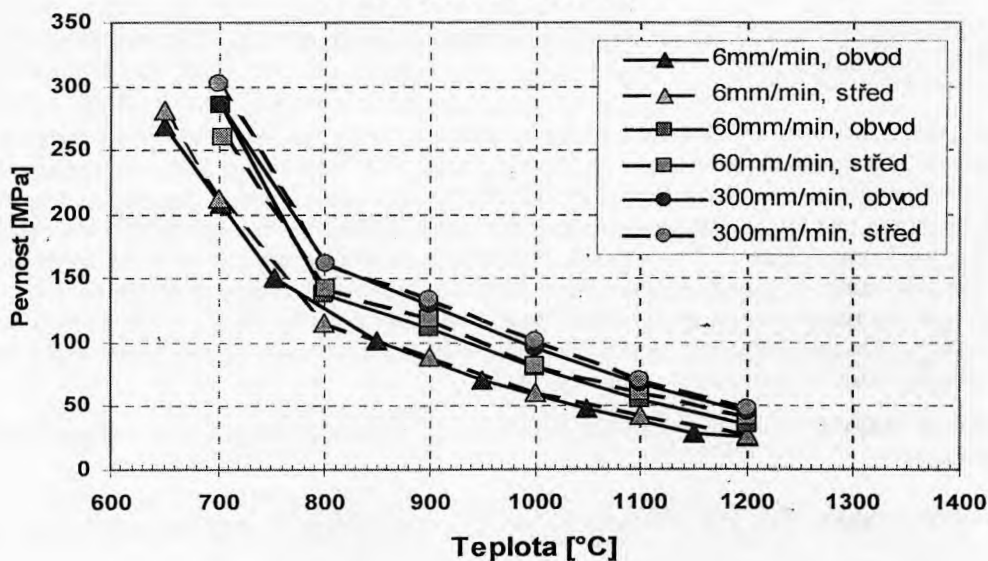
³ Ing. Jan Melecký, CSc. - ArcelorMittal Ostrava a.s., Vratimovská 681, 707 02 Ostrava - Kunčice, ČR

dochází k výraznému poklesu plasticity – vzniku terciální křehkosti, též provalu plasticity. Tato složitá strukturní situace výrazně ovlivňuje podmínky tváření za tepla[1,2,3]. Účelem těchto prací bylo zorientovat se a upřesnit názory předpokládající, že zvýšením rychlosti zatěžování lze pokles plastických vlastností potlačit. Vlastní experimentální práce byly prováděny pomocí trhacího stroje TSM 20 fy. INOVA Praha [4], posun závěsného mostu a tím i rychlost zatěžování je zde nastavitelný v mezích do 500 mm/min. Měření bylo prováděno v rozsahu běžných teplot tváření. Studovány byly termomechanické vlastnosti oceli pro výrobu bezešvých trub a to nízkouhlíkových mikrolegovaných Cr, Mo stabilizovaných Ti a ocelí středně uhlíkové mikrolegované Nb.

1 VLASTNOSTÍ OCELI MIKROLEGOVANÉ Cr, Mo, MODIFIKOVANÉ Ti (T70SKTi)

Výsledky termomechanických měření vzorků uvedené oceli jsou následující: Měření pevnosti v tahu v rozsahu teplot 600 – 1200°C byla provedena při různých rychlostech tažení a to 6mm/min, která odpovídá rychlosti tažení při běžné zkoušce pevnosti, 60 a 300 mm/min, což odpovídá více podmínkám při tváření za tepla.

**Teplotní závislost pevnosti středněuhlíkaté oceli
mikrolegované Cr, Mo, Ti**

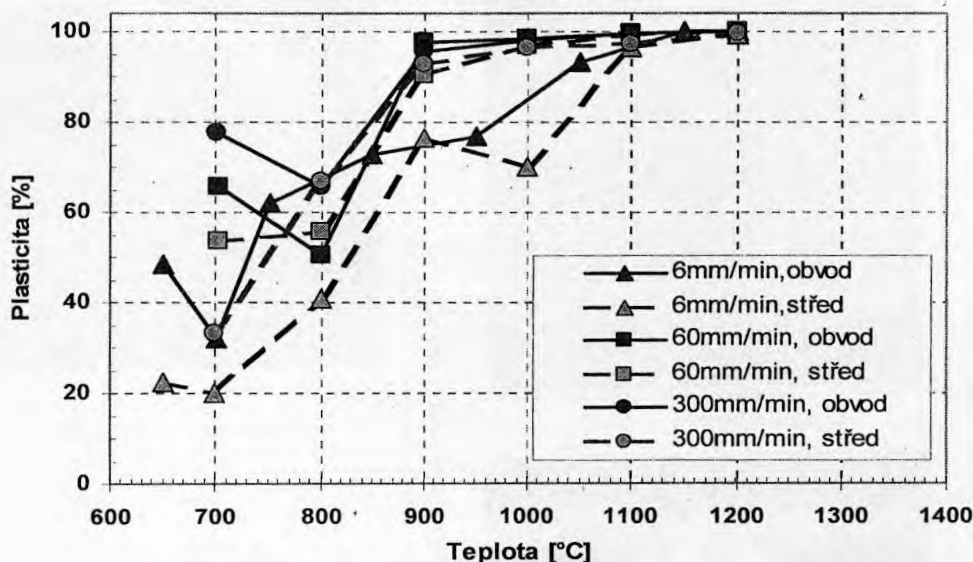


Obr. 1 – Výsledky měření pevnosti

Výsledky měření ukázaly, že zvýšení rychlosti zatěžování má poměrně malý vliv na naměřené hodnoty pevnosti.

Výsledky měření plastických vlastností při různých rychlostech zatěžování ukazují, že zvýšení rychlosti zatěžování rozšiřuje oblast plastického chování při teplotách pod 900°C a omezuje se tak vliv ztráty plasticity na tváření tohoto materiálu. Předpokládáný, poněkud zvýšený podíl nečistot v středové části kontislitku se zde neprojevil.

Teplotní závislost plasticity středněuhlíkaté oceli mikrolegované Cr, Mo, Ti



Obr. 2 – Plasticita určená ze zúžení v místě lomu zkušební vzorku.

U vybraných vzorků jsme provedli zobrazení lomových ploch změřených pomocí laserového skenovacího konfokálního mikroskopu Olympus LEXT 3100.

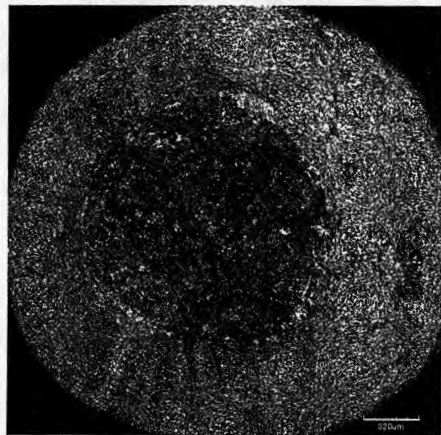
2 VLASTNOSTÍ NÍZKOUHLÍKOVÉ OCELI MIKROLEGOVANÉ Nb (T81SK)

Výsledky termomechanických měření vzorků uvedené oceli jsou následující: Měření pevnosti v tahu v rozsahu teplot 600 – 1200 °C byla provedena při různých rychlostech tažení a to 6mm/min, která odpovídá rychlosti tažení při běžné zkoušce pevnosti, 60 a 300 mm/min, což odpovídá více podmínkám při tváření za tepla.

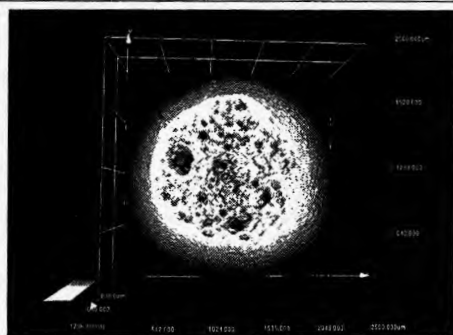
Výsledky měření ukázaly, že zvýšení rychlosti zatěžování má poměrně malý vliv na naměřené hodnoty pevnosti. Výsledky měření plastických vlastností při různých rychlostech zatěžování ukazují, že zvýšení rychlosti zatěžování nemění plasticitu materiálu v oblasti teplot pod 900°C. Předpokládáný, poněkud zvýšený podíl nečistot v středové části kontislitku se zde výrazně neprojevil. Tento materiál se ukázal v oblasti semiplastických deformací jako strukturně stabilní. U této oceli se plastické vlastnosti ve studovaném rozsahu rychlosti deformací nemění.

Oblast semiplastických deformací, oblast snížení plasticity u ocelí, která se nachází v oblasti teplot fázové transformace $\gamma \rightarrow \alpha$, se vyznačuje složitou materiálovou problematikou, která není teoreticky zcela objasněna a experimentálně dostatečně prozkoumána z hlediska deformačních a napěťových podmínek, jakož i z hlediska lomové mechaniky. Využití tahových zkoušek za zvýšených teplot prováděných různou rychlostí zatěžování dále fraktografický rozbor mohou přispět k bližšímu poznání strukturních jevů v této teplotní oblasti. Jak patrné z výsledků, existuje velmi výrazná závislost na technologii mikrolegování a pro každou jakostní skupinu ocelí bude nutné experimentálně upřesňovat podmínky tváření.

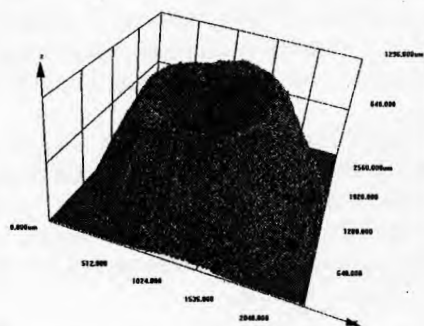
Zobrazení lomu vz. 25/84947, teplota zkoušky 900°C



Lomová plocha zepředu

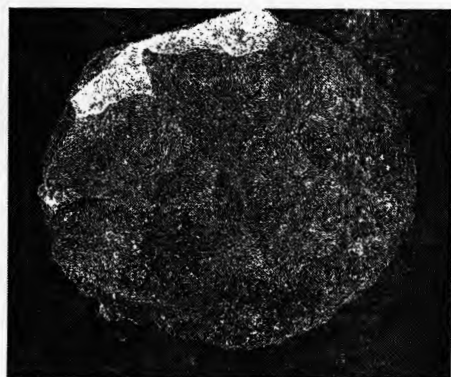


Lomová plocha-rekonstrukce

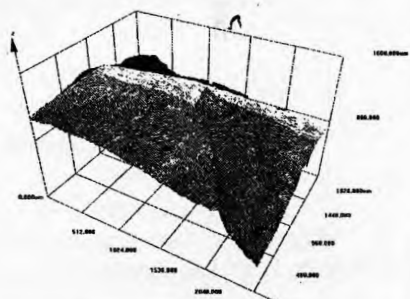


Boční 3D projekce lomu

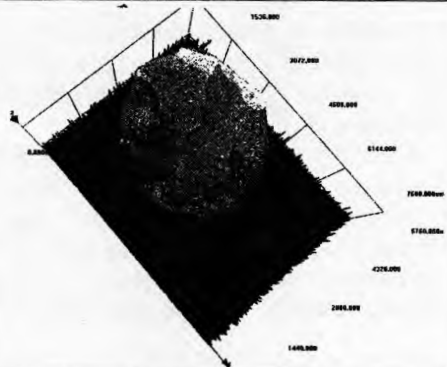
Zobrazení lomu vz. 23/84947, teplota zkoušky 704°C



Lomová plocha zepředu



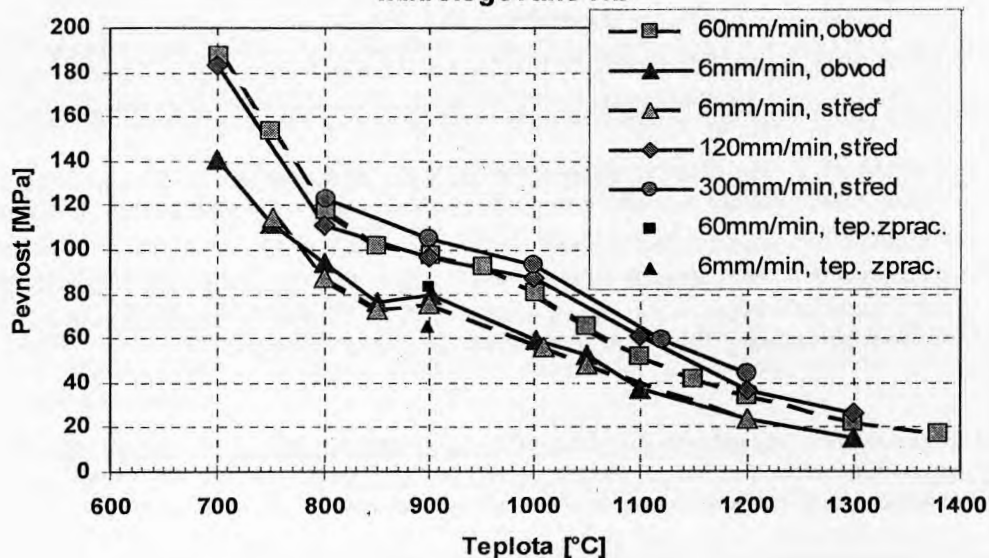
3D projekce lomu



3D projekce lomu

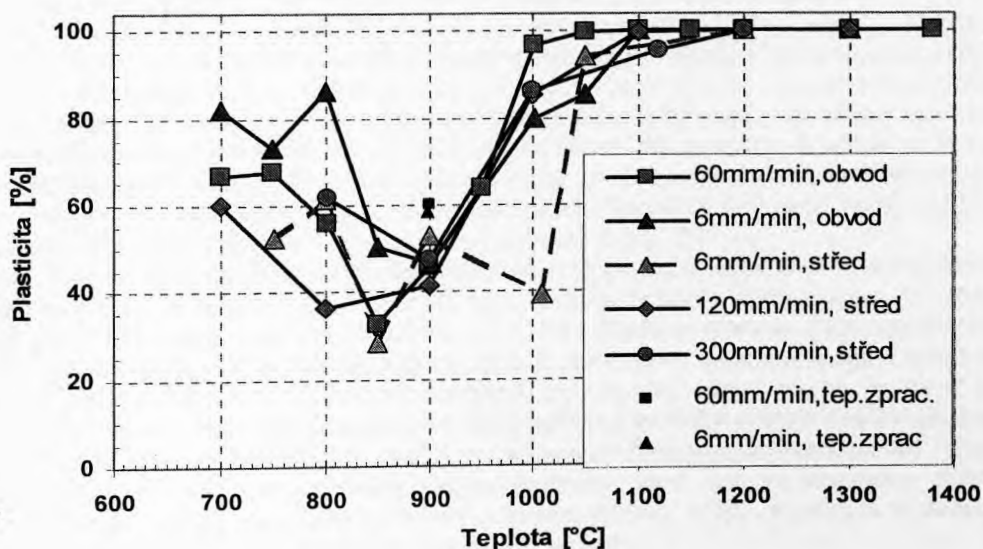
Obr. 3: Zobrazení lomových ploch oceli mikrolegované Cr, Mo, modifikované Ti.

Teplotní závislost pevnosti nízkouhlikaté oceli mikrolegované Nb



Obr. 4 – Výsledky měření pevnosti.

Teplotní závislost plasticity nízkouhlikaté oceli mikrolegované Nb



Obr. 5 - Plasticita určená ze zúžení v místě lomu zkušební vzorku.

3 LITERATURA

- [1] KIM, K-H; OH, K H; LEE, D N.: Mechanical behavior of carbon steels during continuous casting, Scripta Materialia (USA). Vol. 34, no. 2, pp. 301-308. 15 Jan. 1996
- [2] WON, Y M; YEO, T J; SEOL, D. J.,-; OH, K H.: A new criterion for internal crack formation in continuously cast steels, Metallurgical and Materials Transactions B (USA). Vol. 31B, no. 4, pp. 779-794B. Aug. 2000
- [3] CHIMANI, C. M.; RESCH, H.; MORWALD, K.; KOLEDNIK, O.: Precipitation and phase transformation modelling to predict surface cracks and slab quality, Ironmaking and Steelmaking. Vol. 32, no. 1, pp. 75-79. Feb. 2005
- [4] KOZELSKÝ, P.; SCHINDLER, I.; RUSZ, S.; CAGALA, M.; KŘUPALA, A.: Tvářitelnost za tepla nástrojové vysokolegované Cr-V-Mo oceli, In Sborník 14. Mezinárodní vědecké konference Forming, 2007, s. 143-148. ISBN 978-80-227-2702-0.

Výzkumná práce vznikla při řešení výzkumného záměru MSM 6198910015 (MŠMT ČR).